

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

A 6 1 N 1/378

A 6 1 N 1/378

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-358519

(22) 出願日 平成9年(1997)12月26日

(71) 出願人 00004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業司

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 000194860

星宮 望

宮城県仙台市若林区南小泉2丁目2番16号

(71) 出願人 592126555

半田 康延

宮城県仙台市泉区高森6丁目37の8

(74) 代理人 弁理士 若林 忠

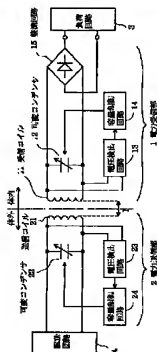
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力伝送システムおよび電力伝送方法ならびにその電力伝送システムを備えた電気刺激装置

(57) 【要約】

【課題】 送受コイルの距離が変動しても、コイルの共振状態がくずれることがなく、安定した電力伝送を行うことができるようにする。

【解決手段】 皮膚を挟んで対向配置された送信コイル21、受信コイル11と、送信コイル21と接続されて共振回路を構成する可変コンデンサ22と、受信コイル11と接続されて共振回路を構成する可変コンデンサ12と、送信コイル21、受信コイル11における電圧レベルをそれぞれ検出する電圧検出回路23、13と、電圧検出回路23にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように可変コンデンサ22の容量を可変する容量制御回路24と、電圧検出回路13にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように可変コンデンサ12の容量を可変する容量制御回路14とを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 対向配置された1対の電力供給コイルを備え、一方を送信コイル、他方を受信コイルとして電力が誘導的に伝送される電力伝送システムにおいて、前記送信コイルと接続されて共振回路を構成する第1の可変コンデンサと、前記受信コイルと接続されて共振回路を構成する第2の可変コンデンサと、前記送信コイルにおける電圧レベルを検出する第1の電圧検出手段と、前記受信コイルにおける電圧レベルを検出する第2の電圧検出手段と、前記第1の電圧検出手段にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記第1の可変コンデンサの容量を可変する第1の容量制御手段と、前記第2の電圧検出手段にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記第2の可変コンデンサの容量を可変する第2の容量制御手段と、を有することを特徴とする電力伝送システム。

【請求項2】 請求項1に記載の電力伝送システムにおいて、

前記第1の容量制御手段が、電力搬送波の周波数で前記送信コイルおよび第1の可変コンデンサからなる共振回路が共振するように制御し、

前記第2の容量制御手段が、電力搬送波の周波数で前記受信コイルおよび第2の可変コンデンサからなる共振回路が共振するように制御することを特徴とする電力伝送システム。

【請求項3】 対向配置された1対の電力供給コイルを備え、一方を送信コイル、他方を受信コイルとして電力が誘導的に伝送される電力伝送システムにおいて、前記送信コイルと接続されて共振回路を構成する第1の可変コンデンサと、

前記受信コイルと接続されて共振回路を構成する第2の可変コンデンサと、前記受信コイルにおける電圧レベルを検出する電圧検出手段と、

前記電圧検出手段にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記第1および第2の可変コンデンサの容量をそれぞれ可変する容量制御手段と、を有することを特徴とする電力伝送システム。

【請求項4】 請求項3に記載の電力伝送システムにおいて、前記電力供給コイル対とは異なる、対向配置された送信コイルおよび受信コイルと、前記送信コイルと接続されて第1の共振回路を構成する第1のコンデンサと、

前記受信コイルと接続されて第2の共振回路を構成する第2のコンデンサと、

前記容量制御手段から出力される制御信号を入力とし、該入力信号を前記第1の共振回路へ供給する信号送信手段と、

前記第2の共振回路を介して受信される前記制御信号を入力とし、該入力制御信号を前記第1の可変コンデンサへ出力する信号受信手段と、をさらに有することを特徴とする電力伝送システム。

【請求項5】 請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の電力伝送システムを備える電気刺激装置であって、前記受信コイルとともに体内に埋め込まれ、該受信コイルを介して電力供給を受けて生体の麻痺した部分を電気的に刺激する刺激手段と、

前記送信コイルに接続され、体外から前記刺激手段に電力を供給して刺激動作を制御する制御手段と、を有することを特徴とする電気刺激装置。

【請求項6】 対向配置された1対の電力供給コイル間で、一方を送信コイル、他方を受信コイルとして電力を誘導的に伝送する電力伝送方法において、前記送信コイルおよび受信コイルにおける電圧レベルをそれぞれ検出し、それぞれの検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記送信コイルおよび受信コイルの共振状態を制御することを特徴とする電力伝送方法。

【請求項7】 対向配置された1対の電力供給コイル間で、一方を送信コイル、他方を受信コイルとして電力を誘導的に伝送する電力伝送方法において、前記受信コイルにおける電圧レベルを検出し、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記送信コイルおよび受信コイルの共振状態を制御することを特徴とする電力伝送方法。

【請求項8】 請求項6または請求項7に記載の電力伝送方法において、

電力搬送波の周波数で前記送信コイルおよび受信コイルが共振するように制御することを特徴とする電力伝送方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、対向配置された1対の電力供給コイルを用いて、両コイル間で電気エネルギーを伝送する電力伝送システムおよび電力伝送方法に関する。より具体的には、種々の生体機能の外的制御を行う装置、例えば脳卒中や脊髄損傷等、中枢性神経障害で麻痺した生体の機能を電氣的刺激で治療、再建する電気刺激装置などに適用される電力伝送システムおよび電力伝送方法に関する。ここでいう電力伝送とは、電力の伝送だけでなく制御信号などの伝送を含む。

【0002】

【従来の技術】麻痺した身体の機能を電氣的刺激で治療、再建する電気刺激装置は、基本的には、体内に埋め

込まれて生体の麻痺した部分を電氣的に刺激する刺激装置と、体外に配置され、体内に埋め込まれた刺激装置に電力や信号を送信して駆動する装置本体とから構成される。このような電気刺激装置において、装置本体側から体内に埋め込まれた刺激装置に電力や信号を送信する電力伝送システムとしては、皮膚を挟んで対向配置された電力供給コイル対（例えば、空芯コイルや磁芯コイルなどにより構成される）を用い、体外の電力供給コイルから体内の電力供給コイルへ電力や信号を送信することにより、体内に埋め込まれた刺激装置に電力や信号を送信するようにしたもののが知られている。その一例として、例えば特開平5-317434号公報には、非接触型電力供給コイルを備えたものが開示されている。

【0003】上記公報に開示されたシステムは、電気刺激装置とともに体内に完全に埋め込まれる第1の電力供給コイルと、その第1の電力供給コイルと皮膚を介して平行に対向配置される第2の電力供給コイルとを備えており、体外に置かれた第2の電力供給コイルに高周波電力を供給することにより、その供給された高周波電力が体内の第1の電力供給コイルへ誘導的に伝送され、第1の電力供給コイルで所望の周波数に変換されるようになる。

【0004】この他、特開平4-285436号公報には、外部の送出コイルから、植え込まれた容受性要素に接続されているターゲットコイルへ電力を誘導的に伝送するシステムで、両コイル間の共振結合を維持できるようにしたものが開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したような、対向配置された1対の電力供給コイル間で電力伝送が行われる電力伝送システムにおいては、両コイルを共振状態として電力伝送が誘導的に行われる。しかしながら、このような従来のシステムでは、送受側のコイルの共振パラメータは固定で一定とされるため、例えば両コイル間の距離が変わったり、あるいはコイルが横すれしたりすると、両コイルの相互インダクタンスが変化してしまい、コイルの共振状態がくずれてしまう。この結果、受信側コイルにおける受信電圧が低くなり、受信コイルに接続された刺激装置などの負荷回路が動作しなくなるという問題が生じる。

【0006】本発明の目的は、送受コイルの距離が変動しても、コイルの共振状態がくずれることがなく、安定した電力伝送を行うことができる電力伝送システムおよび電力伝送方法を提供することにある。さらには、その電力伝送システムを備えた電気刺激装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1の電力伝送システムは、対向配置された1対の電力供給コイルを備え、一方を送信コイル、他

方を受信コイルとして電力が誘導的に伝送される電力伝送システムにおいて、前記送信コイルと接続されて共振回路を構成する第1の可変コンデンサと、前記受信コイルと接続されて共振回路を構成する第2の可変コンデンサと、前記送信コイルにおける電圧レベルを検出する第1の電圧検出手段と、前記受信コイルにおける電圧レベルを検出する第2の電圧検出手段と、前記第1の電圧検出手段にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記第1の可変コンデンサの容量を可変する第1の容量制御手段と、前記第2の電圧検出手段にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記第2の可変コンデンサの容量を可変する第2の容量制御手段と、を有することを特徴とする。

【0008】本発明の第2の電力伝送システムは、対向配置された1対の電力供給コイルを備え、一方を送信コイル、他方を受信コイルとして電力が誘導的に伝送される電力伝送システムにおいて、前記送信コイルと接続されて共振回路を構成する第1の可変コンデンサと、前記受信コイルと接続されて共振回路を構成する第2の可変コンデンサと、前記送信コイルにおける電圧レベルを検出する電圧検出手段と、前記電圧検出手段にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記第1および第2の可変コンデンサの容量をそれぞれ可変する容量制御手段と、を有することを特徴とする。

【0009】上記の場合、前記電力供給コイル対とは異なる、対向配置された送信コイルおよび受信コイルと、前記送信コイルと接続されて第1の共振回路を構成する第1のコンデンサと、前記受信コイルと接続されて第2の共振回路を構成する第2のコンデンサと、前記容量制御手段から出力される制御信号を入力とし、該入力信号を前記第1の共振回路へ供給する信号送信手段と、前記第2の共振回路を介して受信される前記制御信号を入力とし、該入力制御信号を前記第1の可変コンデンサへ出力する信号受信手段と、をさらに有するものとしてもよい。

【0010】本発明の電気刺激装置は、上述のいずれかの電力伝送システムを備える電気刺激装置であって、前記受信コイルとともに体内に埋め込まれ、該受信コイルを介して電力供給を受けて生体の麻痺した部分を電氣的に刺激する刺激手段と、前記送信コイルに接続され、体外から前記刺激手段に電力を供給して刺激動作を制御する制御手段と、を有することを特徴とする。

【0011】本発明の第1の電力伝送方法は、対向配置された1対の電力供給コイル間で、一方を送信コイル、他方を受信コイルとして電力を誘導的に伝送する電力伝送方法において、前記送信コイルおよび受信コイルにおける電圧レベルをそれぞれ検出し、それぞれの検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記送信コイルおよび

受信コイルの共振状態を制御することを特徴とする。

【0012】本発明の第2の電力伝送方法は、対向配置された1対の電力供給コイル間で、一方を送信コイル、他方を受信コイルとして電力を誘導的に伝送する電力伝送方法において、前記受信コイルにおける電圧レベルを検出し、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように前記送信コイルおよび受信コイルの共振状態を制御することを特徴とする。

【0013】(作用)本発明によれば、送信コイルと第1の可変コンデンサにより共振回路が構成され、受信コイルと第2の可変コンデンサにより共振回路が構成されており、各共振回路の共振周波数はそれぞれの可変コンデンサの容量を可変することにより制御可能になっている。したがって、例えば送受信コイル間の距離が変動して、送受信コイルの相互インダクタンスが変化しても、その変化に応じて各共振回路の共振状態を制御することができ、送受信コイル間における電力伝送を常に最適な状態で行うことができる。

【0014】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0015】(実施形態1)図1は、本発明の第1の実施形態の電力伝送システムの概略構成を示すブロック図である。この電力伝送システムは、生体の機能を電気的刺激で治療、再建する電気刺激装置に適用されるもので、生体の麻痺した部分を電気的に刺激する負荷回路3(刺激装置)が接続され、該負荷回路3とともに体内に埋め込まれる電力受信部1と、体内に埋め込まれた負荷回路3に電力や信号を送って刺激動作を制御する駆動回路4(装置本体)が接続され、該駆動回路4とともに体外に設置される電力送信部2とを有する。

【0016】電力受信部1は、体外から供給される電力を受信するための受信コイル11とこれに並列に接続された可変コンデンサ12とからなるLC回路(共振回路)と、受信コイル11にて受信される電圧レベルを検出する電圧検出回路13と、該電圧検出回路13にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように可変コンデンサ12の容量を可変する容量制御回路14と、受信コイル11にて受信される電圧を交流から直流に変換する整流回路15とを有する。

【0017】電力送信部2は、体内に埋め込まれた受信コイル11と平行に対向して配置され、該受信コイル11へ誘導的に電力を伝送する送信コイル21とこれに並列に接続された可変コンデンサ22とからなるLC回路(共振回路)と、送信コイル21にて伝送される電圧レベルを検出する電圧検出回路23と、該電圧検出回路23にて検出された電圧レベルを入力とし、該検出電圧レベルが常に最高値をとるように可変コンデンサ22の容量を可変する容量制御回路24とを有する。

【0018】送受信コイル11、21は、両コイル間で誘導的に電力伝送が可能であればどのようなものを用いてもよく、例えば空芯コイル、磁芯コイルなど種々のコイルを使用することができ、

【0019】上述のように構成された電力伝送システムでは、駆動回路4から負荷回路3を駆動するための電力が電力送信部2の送信コイル21に供給されると、送信コイル21から電力受信部1の受信コイル11に誘導的に電力が伝送される。このとき、電力搬送波の周波数に電力受信部1および電力送信部2の各共振回路が共振した状態になっているれば、駆動回路4から供給される電力のほとんどが負荷回路3にて使用され、共振していない場合には、電力受信部1の受信コイル11とこれに接続された各回路(電圧レギュレータ)で消費される。受信コイル11にて受信された電力は整流回路15を介して負荷回路3へ供給される。

【0020】いま、電力搬送波の周波数に電力受信部1および電力送信部2の各共振回路が共振した状態で電力伝送が行われている状態とする。ここで、送信コイル21と受信コイル11間の距離1が変化すると、これら送受信コイルの相互インダクタンスが変化し、これにより共振パラメータも変化する。共振パラメータが変化すると、電力搬送波の電圧レベルが小さくなり、この電圧レベルの変化が電力受信部1および電力送信部2の各電圧検出回路13、23で検出される。

【0021】電圧レベルが低下すると、容量制御回路14は、電圧検出回路13の出力を基に、その検出電圧レベルが最高値になるように可変コンデンサ12の容量を可変する。同様に、容量制御回路24は、電圧検出回路23の出力を基に、その検出電圧レベルが最高値になるように可変コンデンサ22の容量を可変する。これにより、送受信コイルの相互インダクタンスが変化しても、常に電力搬送波の周波数に共振した状態で電力伝送を行うことができる。

【0022】以上のように、本実施形態の電力伝送システムでは、送信電圧、受信電圧の検出をそれぞれ送信部、受信部個々に設けられた電圧検出部で行い、送信部、受信部の個々の共振回路のコンデンサの容量を共振状態を維持するように自動的に補正するようになっていて、最適な状態で電力伝送が行われる。

【0023】なお、以上の説明では、生体機能の外的制御を行う装置に適用される例について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、対向配置された1対の電力供給コイルを用いて、電気エネルギーを誘導的に伝送することにより電力供給を行うことが可能な装置であればどのようなものにも適用可能である。

【0024】(実施形態2)上述した第1の実施形態では、送信部、受信部個々に独立して送受信コイルの共振状態を制御するようになっているが、受信コイルの電圧レベルを検出して、その検出結果に基づいて送受信コイルの

共振状態を制御することもできる。

【0025】図2は、本発明の第2の実施形態の電力伝送システムの概略構成を示すブロック図である。図同中、図1に示した第1の実施形態の構成と同じ構成には同じ符号を付してある。

【0026】本形態の電力伝送システムは、上述の第1の実施形態の電力送信部2側の電圧検出回路23および容量制御回路24を取り除き、電力受信部1側の容量制御回路14が電圧検出回路13にて検出された電圧レベルに基づいて、可変コンデンサ12、22の容量をそれぞれ制御するようになっている。そのための構成として、電力受信部1側に、送信コイル17とコンデンサ18からなる共振回路と、該共振回路に容量制御回路14から送出された制御信号をフィードバック信号（電力送信部2側の可変コンデンサ22の容量を制御するための制御信号）として供給するフィードバック信号送信回路19とを備え、電力送信部2側に、送信コイル17に平行に対向して配置された受信コイル27とコンデンサ28からなる共振回路と、受信コイル27を介して受信される容量制御回路14から送出されたフィードバック信号を受け、該受信信号を制御信号として可変コンデンサ22へ出力するフィードバック信号受信回路29とを備える。

【0027】上述のように構成された電力伝送システムでは、第1の実施形態の場合と同様に、駆動回路4から負荷回路3を駆動するための電力が電力送信部2の送信コイル21に供給されると、送信コイル21から電力受信部1の受信コイル11に誘導的に電力が伝送される。受信コイル11にて受信された電力は整流回路15を介して負荷回路3へ供給される。

【0028】いま、電力搬送波の周波数に電力受信部1および電力送信部2の各共振回路が共振した状態で電力伝送が行われている状態とする。ここで、送信コイル21と受信コイル11間の距離1が変化すると、これら送受コイルの相互インダクタンスが変化し、これにより共振パラメータも変化する。共振パラメータが変化する、電力搬送波の電圧レベルが小さくなり、この電圧レベルの変化が電力受信部1の電圧検出回路13で検出される。

【0029】電圧レベルが低下すると、容量制御回路14は、電圧検出回路13の出力を基に、その検出電圧レベルが最高値になるように可変コンデンサ12の容量を変可するとともに、可変コンデンサ22の容量を変可するためフィードバック信号をフィードバック信号送信回路19へ送出する。フィードバック信号を受けたフィードバック信号送信回路19は、該フィードバック信号を所定の周波数で変調して各共振回路を介してフィードバック信号受信回路29へ送信する。フィードバック信号受信回路29は、受信した変調信号を復調して、これを制御信号として可変コンデンサ22へ出力する。これに

より、可変コンデンサ22は電力受信部1の容量制御回路14によって制御されることになる。

【0030】上述のようにして、電力受信部1側の容量制御回路14は、電圧検出回路13にて検出された電圧レベルに基づいて、検出電圧レベルが最高値になるように可変コンデンサ12、22の容量を変可する。これにより、送受コイル11、21の相互インダクタンスが変化しても、常に電力搬送波の周波数に共振した状態で電力伝送を行うことができる。

【0031】本実施形態では、送信コイル17と受信コイル27における信号伝送は、送信コイル21と受信コイル11間で行われる誘導的な電力伝送と同じ原理で行われるが、これら送受コイル17、27と接続されるコンデンサ18、28は変調周波数に於いて所定の容量のものを用いられる。このようなフィードバック系では、共振パラメータが固定であるため、送受コイル17、27間の距離が変動すると、受信されるフィードバック信号の電圧レベルが変動することが予想されるが、この変動は刺激装置への電力の供給に直接影響するものではないので問題とはならない。しかも、フィードバック信号を受信する部分は体外に設けられる装置本体側に設けられるので、増幅回路など付加することができ、これによりフィードバック信号の電圧レベルの変動を回避することもできる。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように構成される本発明によれば、送受コイルの相互インダクタンスの変化に応じてコイルの共振状態を制御することができるので、送受コイルの距離が変動しても、コイルの共振状態がくずれることがなく、安定した電力伝送を行うことができるという効果がある。

【0033】受信コイルにおける電圧レベルを検出し、該電圧レベルが常に最高値をとるように送受コイルの共振状態を制御する発明においては、より確実に受信コイルを電力搬送波の周波数で共振するようにでき、より安定的に電力伝送を行うことができるという効果がある。

【0034】本発明の電力伝送システムを備える電気刺激装置においては、体内に埋め込まれた刺激装置に安定して電力供給を行うことができるので、従来のような受信側コイルにおける受信電圧が低下して刺激装置などの負荷回路が動作しなくなるといった問題を防止でき、信頼性の高い電気刺激装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の電力伝送システムの概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第2の実施形態の電力伝送システムの概略構成を示すブロック図である。

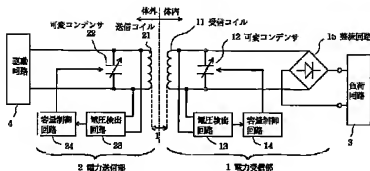
【符号の説明】

- 1 電力受信部
- 2 電力伝送部

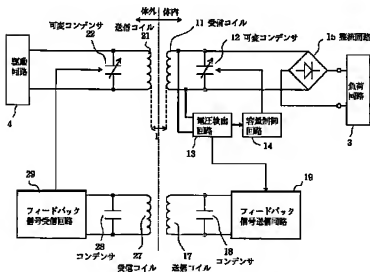
- 3 負荷回路  
4 駆動回路  
11, 27 受信コイル  
12, 22 可変コンデンサ  
13, 23 電圧検出回路  
14, 24 容量制御回路

- 15 整流回路  
17, 21 送信コイル  
18, 28 コンデンサ  
19 フィードバック信号送信回路  
29 フィードバック信号受信回路

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(71)出願人 392013648

松木 英敏

宮城県仙台市太白区八木山本町2-36-4

(72)発明者 石川 清一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(19) Japan Patent Office  
(JP)(12) **Japanese Unexamined Patent Application Publication (A)**(11) Japanese Unexamined Patent  
Publication Number**H 11-188113**

13) Publication date: July 13, 1999

(51) Int. Cl.<sup>6</sup> Identification codes

A 61 N 1/378

FI

A 61 1/378

Request for examination: Not yet requested: Number of claims: 8 OL (Total of 6 pages)

(21) Application number	9-359519	(71) Applicant	000004237
(22) Date of application	December 26, 1997		NEC Corporation 7-1 Shiba, 5-chome, Minato-ku, Tokyo
		(71) Applicant	396020800 Japan Science & Technology Corporation 1-8 Honmachi, 4-chome, Kawaguchi-shi, Saitama
		(71) Applicant	000194860 Hoshimiya NOZOMI 2-15 Minamikoizumi, 2-chome, Wakabayashi-ku, Sendai-shi, Miyagi
		(71) Applicant	592126555 Yasunobu HANDA 37-8 Takamori, 6-chome, Izumi-ku, Sendai-shi, Miyagi
		(71) Applicant	392013648 Hidetoshi MATSUKI 2-36-4 Yagi Yamamoto-machi, Taihaku-ku, Sendai-shi, Miyagi
		(72) Inventor	Seiichi ICHIKAWA NEC Corporation 7-1 Shiba, 5-chome, Minato-ku, Tokyo
		(74) Agent	Tadashi WAKABAYASHI, Patent Attorney

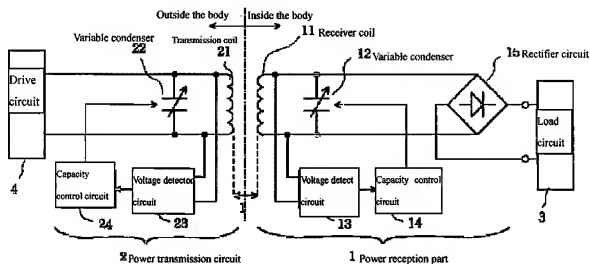
(54) Title of Invention: Power Transmission System, Power Transmission Method, and Electric Stimulation Device Provided with the Power Transmission System

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To transmit power stably without destroying the resonance state of a coil even when the distance of transmission and receiver coils fluctuates.

SOLUTION: This system is provided with a transmitter coil 21 and a receiver coil 11 oppositely-disposed with the skin interposed therebetween, a variable capacitor 22 which constitutes a

resonant circuit by being connected to the transmitter coil 21, a variable capacitor 12 which constitutes the resonant circuit by being connected to the receiver coil 11, voltage detection circuits 23 and 13 for detecting voltage levels in the transmitter coil 21 and the receiver coil 11 respectively, a capacity control circuit 24 for inputting the voltage level detected in the voltage detection circuit 23 and varying the capacity of the variable capacitor 22 so that the detected voltage level takes the highest value at all times, and a capacity control circuit 14 for inputting the voltage level detected in the voltage detection circuit 13 and varying the capacity of the variable capacitor 12 so that the detected voltage level takes the highest value at all times.





## Scope of Claims

**Claim 1** A power transmission system which inductively transmits power is provided with a pair of oppositely-disposed power supply coils wherein one is a transmitter coil and the other is a receiver coil, comprises:

- a first variable condenser which is connected to the transmitter coil and which constitutes a resonant circuit;

- a second variable condenser which is connected to the receiver coil and which constitutes a resonant circuit;

- a first voltage detection means which detects the voltage level in the transmitter coil;

- a second voltage detection means which detects the voltage level in the receiver coil;

- a first capacity control means which inputs the voltage level detected by the first voltage detection means, varying the capacity of the first variable condenser so that the detected voltage level at all times takes its maximum value;

- and a second capacity control means which inputs the voltage level detected by the second voltage detection means, varying the capacity of the second variable condenser so that the detected voltage level at all times takes its maximum value.

## Claim 2

In the power transmission system recited in Claim 1,

- the first capacity control means performs control so that the resonant circuit comprised of the transmitter coil and the first variable condenser resonate to the frequency of the power carrier wave;

- and the second capacity control means performs control so that the resonant circuit comprised of the transmitter coil and the second variable condenser resonate to the frequency of the power carrier wave.

## Claim 3

A power transmission system which inductively transmits power is provided with a pair of oppositely-disposed power supply coils wherein one is a transmitter coil and the other is a receiver coil, comprises:

- a first variable condenser which is connected to the transmitter coil and which constitutes a resonant circuit;

- a second variable condenser which is connected to the receiver coil and which constitutes a resonant circuit;

- a voltage detection means which detects the voltage level in the transmitter coil;

- and a capacity control means which inputs the voltage level detected by the voltage detection means, varying the capacities of the first and second variable condensers, respectively, so that at all times they take the highest value of the detected voltage level.

## Claim 4

The power transmission system recited in Claim 3 comprises:

- a paired transmitter coil and receiver coil which are oppositely-disposed and which are different from the aforesaid pair of power supply coils;

- a first condenser which is connected to the transmitter coil and which comprises a first resonant circuit;

- a second condenser which is connected to the receiver coil and which comprises a second resonant circuit;

- a signal transmission means which inputs a control signal which is outputted by the capacity control means and supplies this input signal to the first resonant circuit;

- and a signal receiver means which inputs the control signal which is received via the second resonant circuit and applets the input control signal to the first variable condenser.

#### Claims 5

An electric stimulation device is provided with any of the power transmission systems recited in Claims 1-4 and comprises:

- an electric stimulation means which is implanted with a receiver coil in the body which receives power supply by means of the receiver coil and electrically stimulates paralyzed parts of the body;

- and a control means which is connected to the receiver coil which controls the supply of electric power from outside of the body to the stimulation means and controls the stimulation operation.

#### Claim 6

A power transmission method which inductively transmits power between a pair of oppositely-posed power supply coils wherein one is a transmitter coil and the other is a receiver coil wherein:

- the voltage levels in the transmitter coil and in the receiver coil are detected and the resonance states of the transmitter coil and of the receiver coil are at all times controlled so that their respective detected voltage levels take the highest values.

#### Claim 7

A power transmission method which inductively transmits power between a pair of oppositely-posed power supply coils wherein one is a transmitter coil and the other is a receiver coil wherein:

- the voltage level in the receiver coil is detected and the resonance states of the transmitter coil and of the receiver coil are at all times controlled so that their respective detected voltage levels take the highest values.

#### Claim 8

The power transmission method recited in Claim 6 or Claim 7 wherein the transmitter coil

and the receiver coil are controlled so that they resonate to the frequency of the power carrier wave.

## Detailed Description of the Invention

0001

### Industrial Field of the Invention

This invention pertains to power transmission systems and power transmission methods which use a pair of power supply coils disposed of oppositely which transmit electric energy between these coils. More specifically, it pertains to power transmission devices and power transmission methods applied to a variety of devices used in therapy and rehabilitation to externally control bodily functions by means of electric stimulation, such as the bodily functions paralyzed due to stroke, spinal cord injury, and other impairment of the central nervous system. What is meant by power transmission here includes the transmission of control signals and the like, and is not limited to the transmission of electric power.

0002

### Prior Art

Electric stimulation devices using electrical stimulation to treat and rehabilitate paralyzed body functions are basically comprised of stimulation devices which are implanted in the body which electrically stimulate the paralyzed portions of the body, and the main apparatus which is disposed outside of the body and which transmit power and signals and drive the stimulation device which is implanted in the body. Known power transmission systems for this kind of electric stimulation device wherein electric power and signals are transmitted from the main apparatus to the stimulation device implanted in the body include those using a pair of power supply coils which is disposed oppositely to each other with the skin interposed therebetween (for example, they may consist of hollow coils, electromagnetic coils, or the like), and electric power and signals are transmitted from a power supply coils outside of the body to the power supply coils in the body, thereby transmitting electric power and signals to the stimulation device implanted in the body. One example is the Publication of Unexamined Patent Application 05-317434, wherein a system provided with a non-contact type power supply coil is disclosed.

0003

The system disclosed in this patent publication is provided with a first power supply coil which is an electric stimulation device which is also completely implanted in the body, and a second power supply coil disposed oppositely and in parallel to the first power supply coil with the skin interposed therebetween, and by supplying high frequency power to the second power supply coil which is placed outside of the body, the high-frequency power thus supplied is inductively transmitted to the first power supply coil located in the body, and the power is transformed to the desired frequency in the first power supply coil.

0004

Additionally, Publication of Unexamined Patent Application 04-285436 discloses a system wherein power is inductively transmitted from an external transmitter coil to a target coil which is connected to an implanted capacitance element which is constituted so that resonance coupling can be maintained between the coils.

0005

#### Problems Which the Invention Seeks to Resolve

As outlined above, power transmission is performed inductively in a resonance state between coils in power transmission systems which perform power transmission between pairs of power supply coils which are oppositely disposed. However, there is the problem in these prior art systems in that the resonance parameters of the receiver-site coil are fixed so that, for example, the mutual inductance between the coils ends up changing if the distance between the coils changes or if the coils shift sideways, with the result that the resonance state of the coils is destroyed. Consequently, the load circuit of the electric stimulation device or other device which is connected to the receiver coil ceases to function.

0006

It is therefore an objective of the present invention to provide a power transmission system and power transmission method in which power is transmitted stably without destroying the resonance state of a coil even when the distance of transmission and receiver coils fluctuates. A further objective is to provide an electric stimulation device equipped with this power transmission system.

0007

#### Means of Solving the Problems

To achieve the aforesaid objectives, the first power transmission system of this invention inductively transmits power is provided with a pair of oppositely-disposed power supply coils wherein one is a transmitter coil and the other is a receiver coil, and comprises: A first variable condenser which is connected to the transmitter coil and which constitutes a resonant circuit; a second variable condenser which is connected to the receiver coil and which constitutes a resonant circuit; a first voltage detection means which detects the voltage level in the transmitter coil; a second voltage detection means which detects the voltage level in the receiver coil; a first capacity control means which inputs the voltage level detected by the first voltage detection means, varying the capacity of the first variable condenser so that the detected voltage level at all times takes its maximum value; and a second capacity control means which inputs the voltage level detected by the second voltage detection means, varying the capacity of the second variable condenser so that the detected voltage level at all times takes its maximum value.

0008

The second power transmission system of this invention inductively transmits power and is provided with a pair of oppositely-disposed power supply coils wherein one is a transmitter coil and the other is a receiver coil, comprises: A first variable condenser which is connected to the transmitter coil and which constitutes a resonant circuit; a second variable condenser which is connected to the receiver coil and which constitutes a resonant circuit; a voltage detection means which detects the voltage level in the transmitter coil; and a capacity control means which inputs the voltage level detected by the voltage detection means, varying the capacities of the first and second variable condensers, respectively, so that at all times they take the highest value of the detected voltage level.

0009

In contrast to the above case in which there is a pair of power supply coils, it is also acceptable to provide oppositely-disposed transmission and receiver coils; a first condenser constituted of a first oscillator circuit which is connected to the transmitter coil; a second condenser constituted of a second oscillator circuit which is connected to the receiver coil; a signal transmission means which inputs a control signal which is outputted from the capacity control means and supplies that inputted signal to the first oscillator circuit; and a signal reception means which inputs the control signal which has been received via the second oscillator circuit and outputs the inputted control signal to the first variable condenser.

0010

The electric stimulation device of this invention is provided with any of the power transmission systems recited above and comprises: An electric stimulation means which is implanted with a receiver coil in the body which receives power supply by means of the receiver coil and electrically stimulates paralyzed parts of the body; and a control means which is connected to the receiver coil which controls the supply of electric power from outside of the body to the stimulation means and controls the stimulation operation.

0011

The first power transmission method of the present invention inductively transmits power between a pair of oppositely-disposed power supply coils wherein one is a transmitter coil and the other is a receiver coil wherein the voltage levels in the transmitter coil and in the receiver coil are detected and the resonance states of the transmitter coil and of the receiver coil are at all times controlled so that their respective detected voltage levels take the highest values.

0012

The second power transmission method of the present invention inductively transmits power between a pair of oppositely-disposed power supply coils wherein one is a transmitter coil and the other is a receiver coil wherein the voltage level in the receiver coil is detected and the resonance states of the transmitter coil and of the receiver coil are at all times controlled so that their

respective detected voltage levels take the highest values.

0013

#### Operation of the Invention

The present invention is an oscillator circuit which is constituted of a transmitter coil and a first variable condenser, and an oscillator circuit constituted of a receiver coil and a second variable condenser, so that the oscillation frequencies of each oscillator circuit vary the capacitance of the respective variable condensers, thereby facilitating control. Therefore even if, for example, the distance between the transmitter coils fluctuates and the mutual inductance of the transmitter coils varies, the oscillation states of the oscillator circuits can be controlled in response to these variations and power transmission between the transmitter coils can at all times be maintained in its optimal state.

0014

#### Preferred Embodiments of the Invention

The following descriptions of preferred embodiments of the invention are made with reference to the drawings.

0015

#### Embodiment 1

Figure 1 is a block diagram showing the general configuration of a power transmission system of a first embodiment of this invention. This power transmission system has a power reception part 1 which is used in an electric stimulation device to treat and rehabilitate bodily functions by means of electric stimulation which is connected to a load circuit 3 (stimulation device) which electrically stimulates paralyzed portions of the body, and which is implanted in the body along with the load circuit 3; and a power transmission part 2 which transmits electric power and signals to the load circuit 3 which is implanted in the body, which is connected to a drive circuit 4 (main apparatus) which transmits electric power and signals to the load circuit 3 which is implanted in the body and which controls stimulation operations, and which is located outside of the body along with the drive circuit 4.

0016

The power reception part 1 has an LC circuit (resonant circuit) comprised of a receiver coil 11 to receive electric power supply from outside of the system and a variable condenser 12 which is connected in parallel thereto; a voltage detection circuit 13 which detects the voltage level received by the receiver coil 11; a capacity control circuit 14 which inputs the voltage level which has been detected by the voltage detector circuit 13 and varies the capacity of the variable condenser 12 so that the highest value of the level of the voltage detected is taken at all times; and a rectifier circuit 15 which rectifies the voltage received by the receiver coil 11 from alternating current to direct current.

0017

The power transmission part 2 has an LC circuit (oscillator circuit) which is comprised of a transmitter coil 21 which is disposed in parallel and opposite to the receiver coil 11 which is implanted in the body and which inductively transmits power to the receiver coil 11 and a very able condenser 22 which is connected in parallel thereto; a voltage detection circuit 23 which detects the voltage level transmitted by the transmitter coil 21; and a capacity control circuit 24 which inputs the voltage level which is detected by the voltage detection circuit 23 and varies the capacity of a variable condenser 22 so that the highest value of the level of the voltage detected is taken at all times.

0018

Any sort of transmitter and receiver coils 11 and 21 may be used as long as power can be inductively transmitted between the coils and hollow coils, magnetic coils, among others can be used.

0019

In the power transmission system constituted as described above, when power is transmitted from the drive circuit 4 to the transmitter coil 21 in the power transmission part 2 to drive the load circuit 3, power is transmitted inductively from the transmitter coil 21 to the receiver coil 11 of the power reception part 1. At this time, if the resonant circuits of the power reception part 1 and of the power transmission part 2 are in put into a resonant state with the frequency of the power carrier wave, almost all of the power which is supplied from the drive circuit 4 is used by the load circuit 3 while, if it is not resonating, the power is wasted by the receiver coil 11 of the power reception part 1 and by the circuits (voltage regulators) which are connected thereto. The power which is received by the receiver coil 11 is supplied to the load circuit 3 via the rectifier circuit 15.

0020

At this point, the resonant circuits of the power reception part 1 end of the power transmission part 2 are in a resonant state with the frequency of the power carrier wave and are in a state where the transmission of power is taking place. If the distance between the transmission coil 21 and the reception coil 11 varies, the mutual inductance of the transmission and reception coils varies and as a result the resonance parameters change, as well. When the resonance parameters change, the voltage level of the power carrier wave becomes smaller and this change in the voltage level is detected by the voltage detection circuits 13, 23 in the power reception part 1 and power transmission part 2.

0021

When the voltage level drops, the capacity of the variable condenser 12 is varied so that the

capacity control circuit 14 takes the maximum value of the detected voltage level based on the output of the voltage detector circuit 13. Similarly, the capacity of the variable condenser 22 is varied so that the capacity control circuit 24 takes the maximum value of the detected voltage level based on the output of the voltage detector circuit 23. Therefore, even if the mutual inductance of the transmitter and receiver coils varies, power transmission can be performed at all times in a resonant state with the frequency of the power carrier wave.

0022

Therefore, in the power transmission system of this embodiment the detection of transmission voltage and reception voltage is performed by the voltage detection part provided in the transmission part and reception part, respectively, and is constituted so that the capacity of the condensers in the resonant circuits of the transmission part and reception part are automatically corrected so as to maintain a resonant state so that power transmission is performed in an optimal state.

0023

Although the foregoing description cites an example in which a device is applied to the external control of bodily functions, the present invention is not limited to thereto, and may be applied to any device which facilitates power supply wherein an oppositely-disposed pair of power supply coils is used and electrical energy is inductively transmitted.

0024

#### Embodiment 2

Although the first embodiment described above is constituted so that the transmission and reception parts are independent of each other and the resonant states of the transmission and reception coils are controlled, the voltage level of the reception coil may be detected and the resonant state of the reception coil may be controlled on the basis of these detection results.

0025

Figure 2 is a block diagram showing the general configuration of a second embodiment of the power transmission system of this invention. In the drawing, the same callout numbers are used as those in the constitution of the first embodiment shown in Figure 1.

0026

In the power transmission system of this embodiment, the voltage detection circuit 23 and capacity control circuit 24 on the power transmission part 2-side of the first embodiment described above are eliminated, and the capacity control circuit 14 on the power reception part 1-side controls the respective capacities of the variable condensers 12 and 22 on the basis of the voltage levels detected by the voltage detection circuit 13. Therefore, in this constitution, a resonant circuit comprised of a transmission coil 17 and a condenser 18 and a resonating feed-



back signal transmission circuit 19 as a feedback signal (control signal to control the capacity of the variable condenser 22 on the power transmission part 2-side), are provided on the power reception part 1 side, while a reception coil 27 disposed parallel and opposite to the transmission coil 17 and a feedback signal reception circuit 29 which receives the feedback signals transmitted from the capacity control circuit 14 which receives signals from the reception coil 27 and outputs these received signals as control signals to the variable condenser 22 are provided on the power transmission 2-side.

0027

In the power transmission system constituted as above, when power is supplied from the drive circuit 4 to the transmission coil 21 in the power transmission part 2 to drive the load circuit 3, power is inductively transmitted from the transmission coil 21 to the reception coil 11 in the power reception part 1, as in the first embodiment.

0028

At this point, the resonant circuits in the power reception part 1 and in the power transmission part 2 are put into a resonance state according to the frequency of the power carrier wave, and power transmission is performed. When the distance 1 [sic] between the transmission coil 21 and the reception coil 11 varies, the mutual inductance between the transmission and reception coils changes and as a result, the resonance parameters change. When the resonance parameters change, the voltage level of the power carrier wave becomes smaller and this change in the voltage level is detected by the voltage detection circuit 13 in the power reception part 1.

0029

When the voltage level drops, the capacity of the variable condenser 12 is varied so that the capacity control circuit 14 takes the maximum value of the detected voltage level based on the output of the voltage detector circuit 13 and at the same time, a feedback signal in order to vary the capacity of the variable condenser 22 is transmitted to the feedback signal transmission circuit 19. The feedback signal transmission circuit 19 which has received the feedback signal modulates this feedback signal to the desired frequency and transmits [the feedback signal] to the feedback signal reception circuit 29 via the resonant circuits. The feedback signal reception circuit 29 modulates the modulated signal that has been received and outputs this signal as a control signal to the variable condenser 22. In this way, the variable condenser 22 is controlled by the capacity control circuit 14 in the power reception part 1.

0030

As outlined above, the capacity control circuit 14 on the power reception part 1-side varies the capacity of the variable condensers 12, 22 so that they take the highest value of the detected voltage levels based on the voltage levels that have been detected by the voltage detection circuit 13. Therefore, even if the mutual inductance of the transmission and reception coils 11, 21

should vary power transmission at all times can take place in a resonant state according to the frequency of the power carrier wave.

0031

In this embodiment, although signal transmission in the transmission coil 17 and reception coil 27 is performed according to the same principle as the inductive power transmission that takes place between the transmission coil 21 and the reception coil 11, transmission and reception coils 17, 27 and the condensers 18, 28 to which they are connected have preset capacities according to the modulated frequency. Since the resonant parameters in this kind of feedback system are fixed, it is anticipated that the voltage level up for the feedback signal which is received will vary when the distance between the transmission and reception coils 17, 27 changes, but this is not a problem because this variation does not directly affect the supply of electric power to the stimulation device. Moreover, since the part which receives the feedback signal is provided on the main unit-side which is located outside of the body, an amplifier circuit or the like can be added thereby avoiding variations in the voltage of the feedback signal.

0032

#### Effect of the Invention

The invention constituted as described above has the effect of permitting the stable transmission of electric power without destroying the resonant state of the coil, it even when the distance between the transmission and reception coils varies, because the resonant state of the coil is controlled according to changes in the mutual inductance of the transmission and reception coils.

0033

The effect of the invention wherein the voltage level is detected in the reception coil and in which the resonant state of the transmission and reception coils is controlled so that the highest level of the voltage level is taken at all times is that the reception coil can resonate more reliably according to the frequency of the power carrier wave and a more stable transmission of power can be performed.

0034

Electric stimulation devices provided with the power transmission system of the present invention permits the stable supply of electric power to the stimulation device which is implanted in the body, thereby avoiding the problem of the prior art in which the reception of voltage in the reception-side coil decreases and the load circuit of the electric stimulation device and the like ceases to function, thereby providing an electric stimulation device with a high degree of reliability.

#### Brief Description of the Drawings

Figure 1 Block diagram showing the general constitution of a first embodiment of the power

transmission system of the invention

Figure 2 Block diagram showing the general constitution of a second embodiment of the power transmission system of the invention

## Symbols

- 1 Power reception part
- 2 Power transmission part
- 3 Load circuit
- 4 Drive circuit
- 11, 27 Reception coil
- 12, 22 Variable condenser
- 13, 23 Voltage detection circuit
- 14, 24 Capacity control circuit
- 15 Rectifier circuit
- 17, 21 Transmission coil
- 18, 28 Condenser
- 19 Feedback signal transmission circuit
- 29 Feedback signal reception circuit

Fig. 1

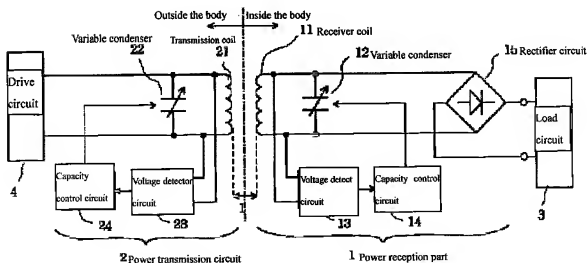


Fig. 2

